



O.T.1.1 Gesamtbericht

Beschreibung der möglichen Eintragspfade anthropogener Spurenstoffe in grenzübergreifenden Einzugsgebieten

1. Einleitung

Das Projekt Ri(ver)-Charge (SIAT375) soll einen Beitrag zur Erfüllung der Zielvorgaben der Wasserrahmenrichtlinie für Österreich und Slowenien leisten. Die Sicherung der Trinkwasserversorgung ist besonders in Zeiten des Klimawandels von immenser Bedeutung. Die Vermeidung von Einträgen anthropogener Stoffe in das Grundwasser und die Behebung qualitativer Mängel tragen zur Sicherung dieser Ressource wesentlich bei. Wesentliche Grundlagen sind hierfür ein Grundverständnis der Grundwasserneubildungsprozesse von Grundwasserkörpern in Sedimentbecken und die Erkennung möglicher bereits bestehender Grundwasserneubildungs-komponenten Belastungen der wie zum Beispiel Oberflächengewässer, die aus Randgebirgen kommen und mit dem Grundwasser interagieren. Daraus abgeleitet können Aussagen getroffen werden, ob und in welcher Weise potentielle Stoffeintragspfade in das Grundwasser bspw. in den Randbereichen von Sedimentbecken vorliegen können. Diverse Eintragspfade anthropogener Verunreinigungen (z.B. flächiger Nitrateintrag) in das Grundwasser sind gut untersucht und beispielsweise aus dem Vorprojekt SI-MUR-AT (z.B. Ferstl und Winkler, 2021) bekannt. Potentielle Verunreinigungen durch anthropogene Spurenstoffe (Pharmazeutika, Korrosionsschutzmittel, etc.) über den Zufluss aus den Randgebirgen sind aber noch weitgehend unerforscht. Es ist das Ziel, das Wissen bezüglich der Interaktion zwischen Oberflächengewässern, dem Oberflächenzufluss aus dem Randgebirge, und dem Grundwasser in Beckenlagen zu vermehren. Vor allem die sich im Zuge des Klimawandels ändernden Abflussbedingungen aus den Randgebirgen durch gehäufte Starkniederschläge und den sich dadurch auch ändernden Infiltrationsbedingungen im randlichen Bereich der Becken stellen ein Potential für Verunreinigungen und einen erhöhten Eintrag von Schadstoffen in die Oberflächengewässer und darüber hinaus in die Grundwasservorkommen der Beckenlagen dar.

Das übergeordnete Ziel des Projekts besteht darin, Grundlagen zu schaffen, um bewerten zu können, ob anthropogene Verunreinigungen wie Pharmazeutika und Korrosionsschutzmittel in oberirdischen Randzuflüssen bestehen. Darauf aufbauend können mögliche Eintragspfade in das Grundwasser detektiert werden, und somit kann zum Schutz des Grundwassers beigetragen werden.

Der slowenisch-steirische Grenzraum westlich der Mur bis ins Becken von Maribor im Süden (Abb. 1) bietet für die Untersuchungen aufgrund zweier Hauptmerkmale ausgezeichnete Bedingungen. Einerseits weist das Gebiet unterschiedliche Arten des randlichen Oberflächenzuflusses auf, welcher sowohl alpine Charakteristika aus dem Stubalpen-Koralmgebiet aber auch deutlich flachere und kleinere Einzugsgebiete entlang des Grenzraums bis hin zum südlich angrenzenden Becken von Maribor umfasst. Es herrschen somit verschiedene Niederschlags- und Abflussverhältnisse. Andererseits ist das Weststeirische Becken durch seine sehr gute hydrogeologische Abgrenzbarkeit gekennzeichnet und es liegen erste Kenntnisse zur Geometrie und Sedimentfüllung des Beckens vor (Kröll et al., 1988).





Somit können die Interaktion und das Infiltrationspotential der randlichen Zuflüsse auf Oberflächengewässer und Grundwasserkörper in Beckenlagen im Weststeirischen Becken ideal untersucht werden. Die Gegebenheiten ermöglichen auch die Konzeption möglicher Eintragspfade basierend auf Modellvorstellungen der Grundwasserneubildung aufgrund von Randgebirgszuflüssen in die Sedimentbecken. Hierbei wurde die Grundidee des Mountain-Front Recharge (MFR) bzw. Mountain-Block Recharge (MBR) (z.B. Markovich et al., 2019) übernommen und für Grundüberlegungen eines Systems zur Identifizierung und Verortung von regional auftretenden Schadstoffeinträgen – qDPIS (quality based Detection Point Identification System) herangezogen.

Im Zuge des Projekts wurde der Hauptfokus auf die Charakterisierung des geologischen Aufbaus eines Teilbeckens des Weststeirischen Beckens gelegt, um konzeptionelle Vorstellungen der Grundwasserneubildung zu entwickeln (T.1.1). Parallel wurden 70 Messstellen für ein gezieltes 2-maliges Monitoring der Randzuflüsse in die beiden Becken und der seichtliegenden Grundwasservorkommen im Randbereich der Becken ausgewählt, um die anthropogene Belastung erfassen zu können (T.2.1.). Darauf aufbauend werden Aussagen zu potentiellen Eintragspfaden getroffen.

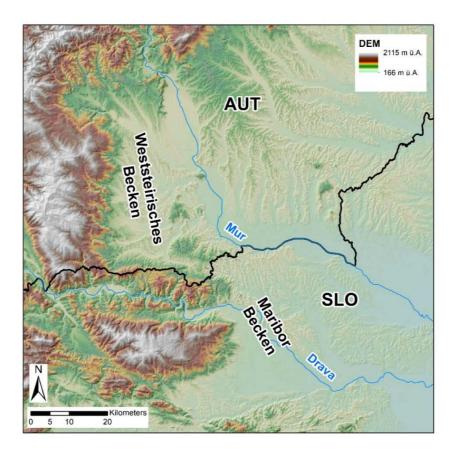


Abbildung 1: Überblick über die Untersuchungsgebiete Marburger Becken (Maribor Becken) in Slowenien und Weststeirisches Becken in Österreich sowie die 2 Hauptgerinne Mur und Drau (Drava) dieser Gegend.





2. Geologischer Aufbau des Untersuchungsgebietes

Das Marburger (Maribor) Becken in Slowenien und das Weststeirisches Becken in Österreich befinden sich am Ostrand des Alpenbogens und erreichen jeweils eine Tiefe von max. 1000 bis 1300 m von der Geländeoberkante bis zur Beckenbasis (z.B. Götzl et al., 2007; Binder et al., 2021). Die Becken wurden im Neogen durch eine Ost-West Dehnung der Lithosphäre gebildet (z.B. Neubauer und Genser, 1990; Frisch et al., 2000; Reischenbacher und Sachsenhofer, 2013). Beide Becken haben als Beckenuntergrund präneogene Gesteine, wie z.B. Gesteine des Koralmkristallins, Grazer Paläozoikums, Remschnigg-Posruckkristallins oder des Pohorje Massivs. Ab dem Mittleren Miozän (Ottnangium; ca. ab 18 Mio. Jahre) wurden dann beide Becken zuerst mit limnisch-fluviatilen Sedimenten gefüllt; später im Badenium bis teilweise ins Sarmatium fand die Sedimentation auch im flachmarinen Bereich statt (Abb.2; z.B. Ebner und Sachsenhofer, 1991; Groß, 2000; Groß et al., 2007).

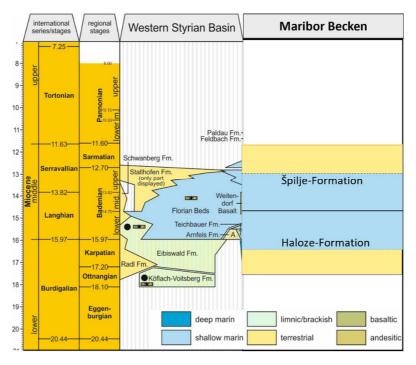


Abbildung 2: Stratigraphische Tabelle (modifiziert nach Piller et al., 2004).

Aufgrund seiner guten hydrogeologischen Abgrenzbarkeit wurde der Fokus auf das Weststeirische Becken gelegt und erste Erkenntnisse zur Geometrie und zum geologischen Aufbau des Weststeirischen Beckens mit zusätzlichen geophysikalischen Untersuchungen erweitert (Binder et al., 2021; T.1.1.1). Das Weststeirische Becken kann von Süd nach Nord in das "Eibiswalder Teilbecken", "Florianer Teilbecken" und "Liebocher Teilbecken" untergliedert werden, wobei die Teilbecken Tiefen von 1000 m bis 1200 m unter GOK erreichen können (Abb.3).

Mit den neuen Ergebnissen aus den seismischen Untersuchungen des Liebocher Teilbeckens (Binder et al., 2021; T.1.1.1) und unter Berücksichtigung von Bohrungen - im Speziellen der Tiefbohrung Söding1 (G.K.B.2) - können die Sedimente im Weststeirischen Becken wie folgt grob zusammengefasst werden:

• Die ältesten Sedimente an der Beckenbasis bestehen aus Konglomeraten, Brekzien, Grobkies und Rotlehm (innerhalb der blauen und orangen Linie in Abb. 4).





- Darüber wurden Sand, Silt, Sandstein und Konglomeratlagen abgelagert (zwischen oranger und gelber Linie in Abb. 4). Innerhalb dieses Sedimentpakets kann eine Unterteilung in Ablagerungen während der Synrift-Phase im Karpatium und in Ablagerungen der Postrift-Phase im Badenium gemacht werden.
- Die jüngsten neogenen Ablagerungen bestehen aus Glimmersande, Süßwasserkalke, Mergel, Ton und Tuffe (oberhalb der gelben Linie in Abb. 4).

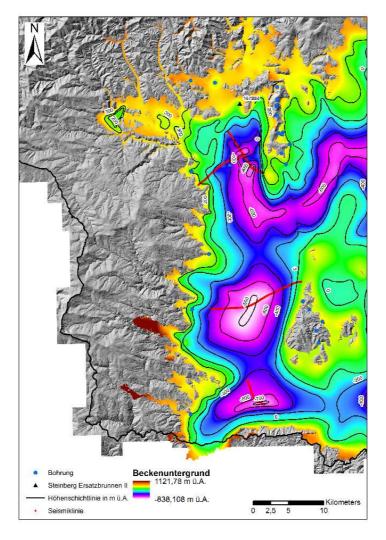


Abbildung 3: Untergrundkarte des Weststeirischen Beckens; Höhenschichtlinien des präneogenen Untergrunds, über dem sich die neogenen Sedimente abgelagert haben (Details siehe T.1.1.2).





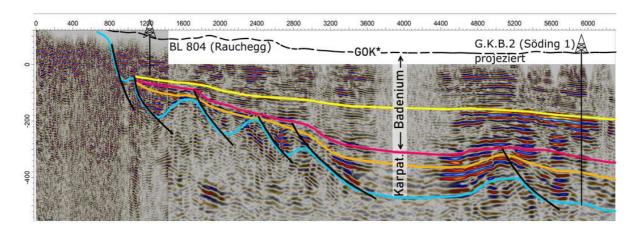


Abbildung 4: Seismische Profile SO2101 und SO2102 mit den unterschiedlichen Sedimentpaketen und der projizierten Bohrung Söding 1. Blauer Horizont kennzeichnet das Top des präneogenen Untergrunds, darüber wurden Konglomerate abgelagert (zw. blauer und oranger Linie), gefolgt von Sandstein und Konglomeratlagen, welche in eine Synrift- und Postrift-Phase unterteilt werden können (zw. oranger und roter, bzw. roter und gelber Linie). Zuoberst wurden Sande und Mergel abgelagert (über der gelben Linie; Binder et al., 2021).

3. MBR/MFR

Die Grundwasserneubildung in Beckensedimenten erfolgt neben der direkten Infiltration von Niederschlagswasser im Becken über Wasser, welches aus den Randgebirgen in das Becken fließt. Die Randgebirge können im weitesten Sinne als "Mountain Block" (MB) beschrieben werden, aus denen die Grundwasserneubildung über zwei Arten erfolgen kann (z.B. Feth, 1964; Markovich et al., 2019). Zum einen fließen Oberflächenwässer aus dem MB in das Becken, versickern teilweise und reichern somit die vor allem oberflächennahen Grundwässer an. Dieser Prozess wird in der Literatur als "Mountain Front Recharge" (MFR) bezeichnet und ist schematisch in Abbildung 5 (hellblaue Pfeile) dargestellt. Zum anderen erfolgen 5-50% der Grundwasserneubildung in Beckensedimenten durch den "Mountain Block Recharge" (MBR), d.h. Wässer aus den Randgebirgen fließen unterirdisch den Grundwasserköpern in den Beckensedimenten zu (dunkelblaue Pfeile in Abb. 5). Dies kann sowohl über sehr tiefzirkulierende Systeme (Störungszonen, Bruchlinien, etc.) als auch sehr oberflächennah (Hangwässer) erfolgen. Somit ermöglicht der MBR auch eine rezente Neubildung von Tiefengrundwässern (Grundwässer in tieferliegenden Sedimentschichten der Beckenlagen) in den Randzonen der Becken.

Die Ergebnisse der seismischen Untersuchungen im Liebocher Teilbecken (T.1.1.1.; Binder et al. 2021) geben einen ersten Einblick über die konzeptionelle Grundwasserneubildung in den Randbereichen des Teilbeckens. Der westliche Randbereich des Beckens zeigt zum Beckenrand (Richtung Westen; Koralmgebiet) horizontal gelagerte Schichtpakete (Abb. 6a). Daraus kann abgeleitet werden, dass über den MFR primär nur die seichtliegenden Grundwasserleiter angereichert werden. Zudem ist die Grundwasserneubildung in tieferen Grundwasserleiter aufgrund der geringen Kontaktfläche der potentiellen Grundwasserleiter zum Beckenrand eher geringer ausgeprägt (Abb.6b).





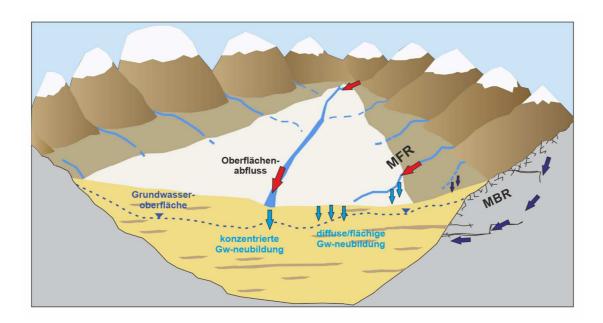


Abbildung 5: Schemaskizze eines Beckens mit möglichen Zuflüssen aus dem Randgebirge (MB) via MBR (dunkelblaue Pfeile) und MFR (hellblaue Pfeile).

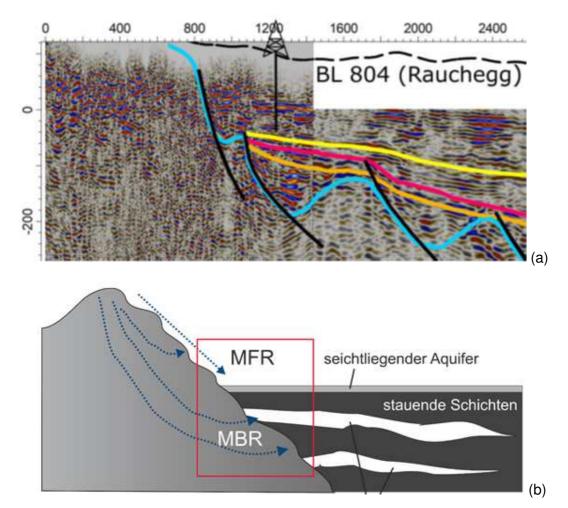


Abbildung 6: MFR und MBR an der Westseite des Liebocher Teilbeckens. (a) Interpretation der Seismiklinien SO2101 und SO2102 (siehe Abb.3 in T.1.1.1) und (b) Schemazeichnung der Grundwasserneubildung.





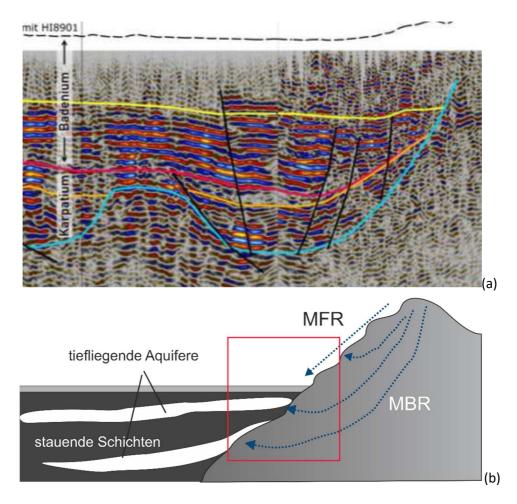


Abbildung 7: MFR und MBR an der Ostseite des Liebocher Teilbeckens. (a) Interpretation der Seismiklinien Hl8902 und Hl8701 (siehe Abb. 4 in T.1.1.1) und (b) Schemazeichnung Schemazeichnung der Grundwasserneubildung.

Der östliche Randbereich des Beckens zeigt bei den Basiskonglomeraten zum Beckenrand (Plabutsch) eine nach oben gerichtete "Verschleppung" der Schichtpakete (Abb. 7a). Auch in diesem Fall werden die seichtliegenden Grundwasserleiter im Randbereich des Beckens über MFR dotiert. Aufgrund der größeren Kontaktfläche zum Randgebirge (Mountain block) kann im Vergleich zur Westseite des Beckens aber über den MBR eine größere Grundwasserneubildung tiefer liegender Grundwasserleiter erfolgen (Abb.7b).

4. Monitoring

Die Behebung qualitativer Mängel und die Vermeidung von anthropogenen Einträgen in Oberflächengewässer stellen die zentrale Herausforderung innerhalb des Untersuchungsgebiets dar. Der Schutz der Oberflächenwasser- und Grundwasserqualität ist von hoher gesellschaftlicher Relevanz. Viele Bäche, die in die Flüsse Mur und Drau einmünden, weisen qualitative Mängel auf. Andererseits basiert die Trinkwasserversorgung in der Projektregion überwiegend auf Grundwasser, das vorwiegend von diesen Vorflutern alimentiert wird. Die Erreichung und Erhaltung des guten qualitativen Zustands der Grundwasserkörper ist insbesondere in Zeiten des Klimawandels, von dessen Auswirkungen die Südsteiermark und





Slowenien besonders stark betroffen sind, von immenser Bedeutung. Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass die Wassergualität der Bäche und Flüsse sehr stark von punktuellen Einleitungen (z.B. von Betrieben und Kläranlagen) beeinflusst wird. Dazu kommen aber auch noch eher diffuse Einträge über den Oberflächenzufluss aus dem Randgebirge, aus der Landwirtschaft durch Drainagen oder von Hangwässern, die in die Vorfluter gelangen. Um eine qualitative Beeinflussung feststellen zu können, müssen die Oberflächen- aber auch Grundwässer qualitativ untersucht und beschrieben werden. Für die qualitative Untersuchung und generelle Beschreibung der Oberflächen- und Grundwässer wurden insgesamt 70 Messstellen ausgewählt. Davon befinden sich 50 Messstellen in Slowenien und 20 Messstellen in Österreich (Abb. 8). Von den 20 Messstellen, welche sich im Weststeirischen befinden (Bundesland Steiermark) sind 9 Grundwasser-Oberflächengerinnemessstellen. Die Messstellen der Oberflächengewässer liegen Randbereich des Beckens zum angrenzenden Gebirge (rote Punkte in Abb. 8) und die Grundwassermessstellen im Becken (grüne Punkte in Abb. 8). In Slowenien befinden sich die Messstellen in den Gebieten rund um die Flüsse Drau, Mur und Kutschenitza und im Bereich des Marburger Beckens.

Der erste Probenahme-Zyklus fand Ende März in Slowenien und Ende April in Österreich statt, 70 Wasserproben wurden analysiert. Der zweite Probenahme-Zyklus wurde Anfang September in Österreich und Ende September bis Anfang Oktober in Slowenien durchgeführt. Während des zweiten Probenahme-Zyklus waren einige wenige Oberflächengerinne- und Grundwassermessstellen ausgetrocknet (z.B. Kutschenitza) und es konnten 65 Messstellen beprobt werden. Für das Projekt Ri(ver)-Charge wurden somit insgesamt 135 Wasserproben von Oberflächengerinne- und Grundwassermessstellen in Slowenien und Österreich genommen und vom NLZOH in Slowenien analysiert und ausgewertet (T.2.1).

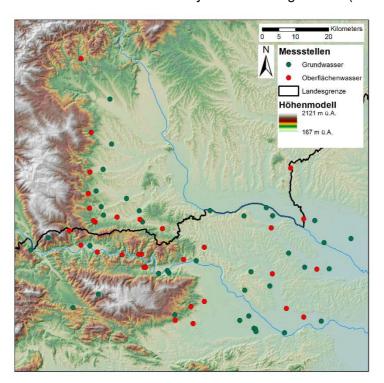


Abbildung 8: Übersichtskarte der 50 Messstellen in Slowenien und 20 Messstellen in Österreich.





Die 135 Wasserproben wurden auf die in Tabelle 1 aufgelisteten Labor-Parameter vom NLZOH und folgenden Vorort-Parameter untersucht: Wassertemperatur, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert und Sauerstoffsättigung.

Tabelle 1: im Labor analysierte Parameter:

Standard Parameter	Pharmazeutika	Korrossionschutzmittel
gelöster Organischer Kohlenstoff (DOC)	Diclofenac	1H-Benzotriazol
Ammonium	Carbamazepin	4-Methyl-1H-benzotriazol
Nitrat	Clarithromycin	5-Methyl-1H-benzotriazol
Nitrit	Koffein	1-Methyl-1H-benzotriazol
Calcium	Naproxen	
Chlorid	Paracetamol	
Kalium	Sulfamethoxazole	
Magnesium	Sotalol	
Hydrogencarbonat	Theophylline	
Gesamthärte		
Sulfat		
Natrium		
Orthophosphat		
Karbonathärte		
Mangan		
Eisen		
Bor		

Von den 135 Wasserproben entfallen 61 auf Oberflächengerinne. In den zwei Probenahmerunden konnten 40 Wasserproben von 20 slowenischen Oberflächengerinne-Messstellen entnommen werden. 29 von diesen analysierten Wasserproben zeigen Werte über LOQ (Limit of Quantification) von Naproxen, 25 von Paracetamol und 24 von Koffein. 15 analysierte Proben zeigen jeweils eine Belastung von Sulfamethoxazole und Carbamazepin, 11 von Clarithromycin und 10 von Diclofenac. Von 21 Wasserproben aus 11 österreichischen Oberflächengerinne weisen 5 nachweisbare Konzentrationen von Koffein auf, 3 von Naproxen, 3 von Diclofenac, 2 von Carbamazepin, 2 von Clarithromycin und eine von Sulfamethoxazole. Das am häufigsten in Oberflächengerinne nachgewiesene Korrosionsschutzmittel in Slowenien und Österreich ist 1H-Benzotriazol, gefolgt von 1-Methyl-1H-benzotriazol und 4-Methyl-1H-benzotriazol.

Generell zeigen die Oberflächengerinne in Österreich eine geringere Belastung als die Oberflächengewässer in Slowenien. Vor allem die Oberflächenmessstellen in Slowenien, welche im Gebiet zwischen Drau und Mur liegen, tendieren zu höheren Konzentrationen von pharmazeutischen Substanzen und Korrosionsschutzmitteln.





74 der 135 Wasserproben wurden aus Grundwassermessstellen entnommen. Die Wasseranalysen der Grundwassermessstellen zeigen eine geringere Belastung im Vergleich zu den Oberflächengewässern und viele sind sogar unbelastet. In Slowenien wurde von den insgesamt 56 Grundwasserproben nur in 9 Koffein, in 4 Carbamazepin, in 3 Sulfamethoxazol und in einer Naproxen nachgewiesen. In Österreich wurde von insgesamt 18 Grundwasserproben in 2 Koffein gefunden und in einer Carbamazepin.

Beispielhaft sind für Oberflächen- und Grundwassermessstellen beider Länder die Ergebnisse der Parameter Paracetamol, Koffein und dem Korrosionsschutzmittel 1H-Benzotriazol in den Abbildungen 9-11 dargestellt.

Für das pharmazeutische Mittel Paracetamol zeigt sich eine Belastung ausschließlich bei den slowenischen Oberflächenwässern (Abb. 9), mit einer höheren Belastung tendenziell im Frühjahr (1. Probenahme). Das Korrosionsschutzmittel 1H-Benzotriazol wurde in den analysierten Wässern sowohl in Österreich als auch in Slowenien nachgewiesen. Auch hier sind vor allem die Oberflächengerinne in Slowenien betroffen (Abb. 10). Die Ergebnisse beider Probenahmen zeigen für die analysierten Wasserproben aus Österreich keine Belastung mit Koffein, in Slowenien sind vor allem Oberflächenwässer belastet. Dabei zeigen diese Oberflächengerinne die höchste Belastung tendenziell im Frühjahr (Abb. 11). Mehr Informationen zur Analytik und zu den Ergebnissen des Monitorings sind dem Bericht des NLZOH (T.2.1) zu entnehmen.





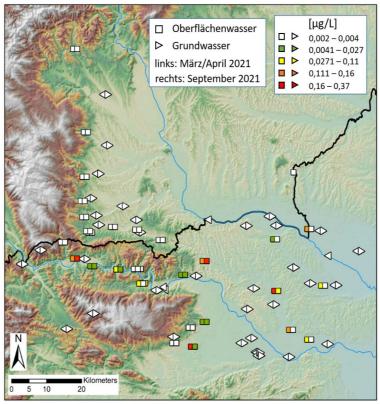


Abbildung 9: Ergebnisse des Monitorings für das pharmazeutische Mittel Paracetamol.

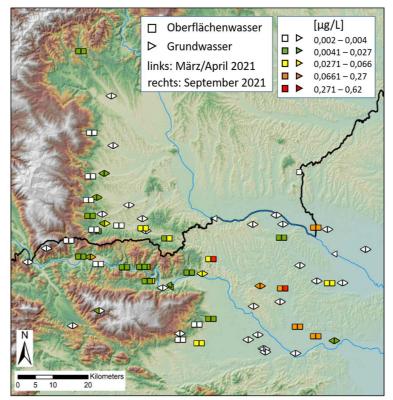


Abbildung 10: Ergebnisse des Monitorings für das Korrosionsschutzmittel 1H-Benzotriazol.



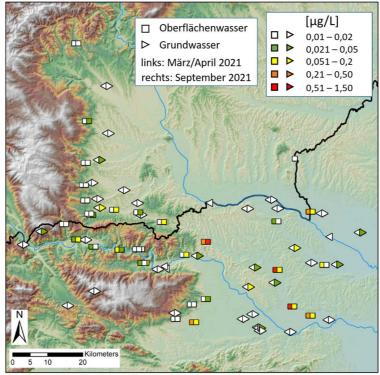


Abbildung11: Ergebnisse des Monitorings für Koffein.

5. Interpretation

Die Ergebnisse des Monitorings zeigen ein heterogenes Bild der Belastungen der Oberflächenwässer und Grundwässer. Bezogen auf die 3 Beispiele (Abb. 9 – 11) zeigen vor allem in Slowenien zwischen 65% und 80% der untersuchten Oberflächenwässer deutliche Belastungen an anthropogenen Stoffen, am stärksten bei 1H-Benzotriazol. Die weststeirischen Oberflächenwässer zeigen keine Belastung von Paracetamol, jedoch konnten in 45% der Oberflächenmessstellen das Korrosionsschutzmittel 1H-Benzotriazol nachgewiesen werden. Eine wesentlich geringere Belastung konnte generell bei den Grundwassermessstellen nachgewiesen werden. Sowohl die Grundwassermessstellen in Slowenien wie auch in Österreich zeigen keine messbare Belastung an Paracetamol. Koffeine und 1H-Benzotriazol konnten in Slowenien und Österreich in bis zu 22% und 33% bzw. 33% und 23% der Messstellen nachgewiesen werden. Wie in Abbildung 12 ersichtlich konnte kein allgemeiner Zusammenhang zwischen einer Belastung in Oberflächenwässer und Grundwässern nachgewiesen werden. Für diese Betrachtung wurden jene Oberflächenwässer herangezogen, die bei beiden Probenahmen eine Belastung erkennen ließen, und diese wurden mit den zu den Oberflächenwässern am nächsten liegenden Grundwassermessstellen verglichen. Abbildung 12a zeigt beispielhaft keine Belastung der Oberflächenwässer Laßnitz und Schwarze Sulm, in den Grundwassermessstellen konnte aber Korrosionsschutzmittel gemessen werden. Ein ähnliches Bild zeigt sich beim Auenbach (Oberlauf des Saggaubachs). Ein umgekehrtes Bild liegt bei der Weißen Sulm und dem Pößnitzbach (Abb. 12a und b) vor, Oberflächenwässer messbare Belastungen zeigen, iedoch Grundwassermessstellen kein Korrosionsschutzmittel nachgewiesen werden konnte.





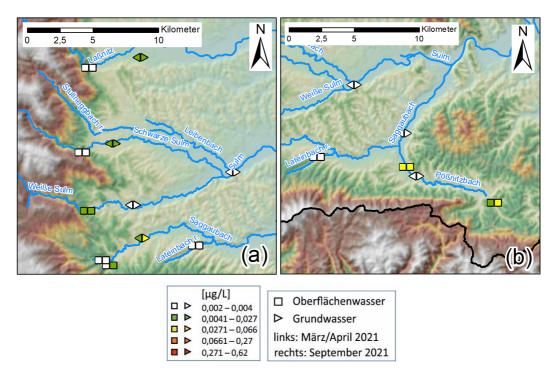


Abbildung 12: Belastungen von Oberflächengerinne und Grundwässer für 1 H-Benzotriazol: a) von Nord nach Süd: Laßnitz, Schwarze Sulm, Weisse Sulm, Auenbach (Oberlauf des Saggaubachs) und b) Saggaubach und Pößnitzbach.

Auf Basis der Untersuchungsergebnisse kann auf keine allgemeine Infiltration und damit ein entsprechender Stoffeintrag über Randgebirgszuflüsse in seichtliegende Grundwasserkörper in Randbereichen von Sedimentbecken geschlossen werden. Somit kann auch kein allgemein gültiges qDPIS (quality based detection point system) abgeleitet werden. Die Ergebnisse weisen auf einen lokalen und kleinräumigen Eintrag von Schadstoffen hin, was sich sowohl in den Randbereichen der Becken wie auch im zentraleren Bereich östlich des Marburger Beckens in Slowenien zeigt. Die Ergebnisse zeigen sehr deutlich, dass keine generelle Verunreinigung der seichtliegenden Grundwässer in Randbereichen von Sedimentbecken durch Randzuflüssen über den MFR (mountain front recharge) gegeben ist. Für ein entsprechendes qDPIS müssten daher neben den Oberflächen- und Grundwässern sehr lokal auch Regenwasserableitungen von Siedlungen, Gehöften oder Drainagewässer gezielt untersucht werden.

Die Ergebnisse beider Probenahmen zeigen auch, falls das Korrosionsschutzmittel 1H-Benzotriazol nachgewiesen wurde, dass der Nachweis bei beiden Probenahmen erfolgte. Bei den Grundwassermessstellen konnten Koffeine vermehrt bei der Probenahme im Herbst nachgewiesen werden. Eine mögliche Ursache für die unterschiedlichen Belastungen in den Wasserproben, welche im Frühling und im Herbst genommen wurden, könnte durch Eintrag oder Verdünnung begründet sein. Die Ergebnisse weisen auf eine Saisonalität hin, für genauere Aussagen bedarf es jedoch ergänzender, zeitlich höher aufgelöster Probenahmen über mehrere Untersuchungsjahre.





6. Schlussfolgerung und Ausblick

Das Projekt Ri(ver)-Charge hat innerhalb der kurzen Projektzeit von einem Jahr, eine essenzielle Grundlage zu nachstehenden Themenbereichen geschaffen und ermöglicht einen im Anschluss daran formulierten Ausblick für künftige weiterführende Untersuchungen.

1. Geometrie und geologischer Aufbau des Marburger und Weststeirischen Beckens

Es konnten die bestehenden geologischen Informationen der letzten drei Jahrzehnte zusammengefasst werden und daraus ein aktuelles Untergrundmodell des Weststeirischen Beckens geschaffen werden. Zudem sind die Ergebnisse, dem Stand der Technik angepasst, nun endlich in digitaler Form für nachfolgende Untersuchungen und Forschungstätigkeiten sowie gezielten wasserwirtschaftlichen Anwendungsprojekten allgemein verfüg- und verwendbar.

2. Konzeptionelle Vorstellung der Grundwasserneubildung über Randgebirge - MBR/MFR

Aufbauend auf den geologischen Informationen konnten erste Grundlagen zur Grundwasserneubildung in tiefen Sedimentbecken generiert werden. Die detaillierten Erkundungsergebnisse im Randbereich des Liebocher Beckens, eines der drei Teilbecken im Weststeirischen Beckens, liefern erstmals Grundlagen zur potentiellen rezenten Neubildung von Tiefengrundwässern.

3. Belastung durch anthropogene Stoffe und qDPIS

Das gezielte Monitoring der Oberflächen- und Grundwässer, vorrangig im Randbereich der Sedimentbecken, liefert wichtige Erkenntnisse über den aktuellen Stand der Belastung dieser Bereiche der Becken. Vor allem Korrosionsschutzmittel konnten in den Wässern der Randgebirgszuflüsse lokal vermehrt nachgewiesen werden. Es zeigt sich aber kein genereller Eintrag von anthropogenen Stoffen über Randzuflüsse in das Grundwasser der Randbereiche der Becken, was grundsätzlich als positiv zu bewerten ist. Es ist somit aber kein generell überregional gültiges qDPIS ableitbar. Die Studie hat gezeigt, dass Einträge in das Grundwasser lokal und kleinräumig auftreten dürften. In einer konsequenten Fortführung der Entwicklung eines möglichst generellen qDPIS sind neben den Oberflächen- und Grundwässern lokal vorliegende Eintragsmöglichkeiten durch Regenwasserableitungen von Siedlungen, Drainagen und/oder Leckagen von Kläranlagen miteinzubinden.

Zusammengefasst konnten im einjährigen Interreg-Projekt SIAT375 Grundlagen zu den Prozessen der rezenten Neubildung von Grundwässern (MBR/MFR) in tiefen Sedimentbecken erarbeitet werden. Vor allem die Geometrie und der geologische Aufbau sowie die Kenntnis der Grundwasserneubildung sind die Basis für Überlegungen, die Tiefengrundwässer in Sedimentbecken wasserwirtschaftlich zu nutzen. Aufgrund der festgestellten großen Tiefen der Becken schließt dies auch eine geothermische Nutzung der Ressourcen ein. Es wird aber explizit nochmals darauf verwiesen, dass eine künftige Bohrung bis in den präneogenen Untergrund und somit eine direkte Aufschlussmöglichkeit der Gesteinsschichten viele Unsicherheiten bei der Interpretation der bisherigen Erkenntnisse, die im Eibiswalder und Florianer Teilbecken ohne Referenzbohrung umgesetzt wurden, reduzieren würde. Somit ist eine derartige zusätzliche Erkundung künftig anzustreben.





In Bezug auf Eintragspfade von anthropogenen Stoffen konnte eine gute Datenbasis als erster wichtiger Schritt gesetzt werden. In diesem Projekt wurde gezielt ein Grobkonzept zur Identifikation potentieller genereller Eintragsmöglichkeiten von Oberflächenwässern aus Randgebirgen in das seichtliegende Grundwasser in den Randzonen der Sedimentbecken (qDPIS) untersucht. Es hat klar gezeigt, dass keine generellen Einträge aus den Oberflächenwässern erkennbar sind, sondern die potentiellen Eintragspfade lokal und kleinräumig zu sein scheinen. Die regionale Probenahme von Oberflächenwässern und naheliegenden Grundwässern, wie sie im Ri(ver)-Charge durchgeführt wurde, konnte diese Kleinräumigkeit nicht auflösen, und entsprechend war ein generelles qDPIS nicht ableitbar. Es konnten jedoch Bereiche identifiziert werden, wo kleinräumige Belastungen untersucht werden können. Das Konzept des qDPIS, also das Erkennungssystem für Eintragspfade anthropogener Stoffe in das Grundwasser, kann somit in künftigen Forschungen in Richtung kleinräumige und lokale Untersuchungen erweitert werden.





Literaturverzeichnis

Binder, H., Dax, F., Jud, M., Schreilechner, M. (2021). Endbericht – Liebocher Teilbecken Reflexionsseismische Untersuchungen, Weststeiermark. Unveröffentlichter Bericht, S. 41.

Ebner, F. und Sachsenhofer, R.F. (1991). Die Entwicklungsgeschichte des Steirischen Tertiärbeckens. -Mitt. Abt. Geol. Paläont. Landesmus. Joanneum 49: 1-96, Graz.

Feth, J. H. (1964). Hidden recharge. Groundwater, 2(4), 14–17. https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.1964.tb01780.x

Ferstl, M., Winkler, G. (2021). EU-Projekte SI-MUR-AT und Ri(ver)-Charge. Wasserland Steiermark, die Wasserzeitschrift der Steiermark, 2/2021: 10-15.

Frisch, W., Székely, B., Kuhlemann, J., Dunkl, I. (2000). Geomorphological evolution of the Eastern Alps in response to Miocene tectonics. Z. Geomorph. N. F., 44, 103-138. Berlin-Stuttgart.

Götzl, G., Poltnig, W., Domberger, G., Lipiarski, P. (2007). Projekt TRANSTHERMAL - Geothermie der Ostalpen – Erfassung und zusammenfassende Darstellung des geothermischen Potenzials in Datenbanken, in einem Geothermieatlas und in GIS – basierten Kartenwerken im Bereich von Kärnten, Steiermark und Slowenien, INTERREG IIIA Austria – Slovenia, Nationaler Abschlussbericht für Österreich, Wien – Graz – Klagenfurt.

Groß, M. (2000). Das Pannonium im Oststeirischen Becken. - Ber. Inst. Geol. Paläont., K.-F.Univ. Graz 2: 47-86, Graz.

Groß, M., Fritz, I., Piller, W.E., Soliman, A., Harzhauser, M., Hubmann, B., Moser, B., Scholger, R., Suttner, T.J. und Bojar, H.-P. (2007). The Neogene of the Styrian Basin – Guide to Excursions. – Joannea Geologie und Paläontologie 9: 117–194.

Kröll, A., Flügel, H.W., Seiberl, W., Weber, F., Walach, G. & Zych, D. (1988). Erläuterungen zu den Karten über den prätertiären Untergrund des Steirischen Beckens und der Südburgenländischen Schwelle. – 49 S., Geol. B.-A., Wien.

Markovich, K., H, Manning, A. H., Condon, L. E., & McIntosh, J. C. (2019). Mountain-block recharge: A review of current understanding. Water Resources Research, 55, 8278–8304. https://doi.org/10.1029/2019WR025676

Neubauer, F. und Genser, J. (1990). Architektur und Kinematik der östlichen Zentralalpen – eine Übersicht. Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 120, 203-219, Graz.

Reischenbacher, D. und Sachsenhofer, R.F. (2013). Basin formation during the post-collisional evolution of the Eastern Alps: the example of the Lavanttal Basin. – Int. J. Earth Sci., 102, 517–543.

- T.1.1.1 (2021). Bericht zum Task T.1.1.1 "Reflexionsseismische Untersuchungen" des Projekts SIAT375 Ri(ver)-Charge.
- T.1.1.2 (2021). Bericht zum Task T.1.1.2 "Der geologische/hydrogeologische Aufbau des Untersuchungsgebiets" des Projekts SIAT375 Ri(ver)-Charge.
- T.1.1.3 (2021). Bericht zum Task T.1.1.3 "Konzeptionelle Vorstellung des Mountain Block Recharge" des Projekts SIAT375 Ri(ver)-Charge.